

Análise temporal da composição granulométrica de um estuário amazônico, Pará, Brasil

M. W. Lima¹; M. L. S. Santos¹; D. J. Montelo²; D. M. Nunes²; I. C. C. Alves³;
M. S. F. Silva³

¹Laboratório de Química Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, 66.077-830, Belém-Pará, Brasil

¹Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, 66.077-830, Belém-Pará, Brasil

²Laboratório de Ecologia Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia, 66.077-830, Belém-Pará, Brasil

²Instituto de Saúde e Produção Animal, Universidade Federal Rural da Amazônia, 66.077-830, Belém-Pará, Brasil

³Laboratório de Oceanografia Química, Universidade Federal do Pará, CEP, Belém-Pará, Brasil

³Laboratório de Modelagem de Oceano e Estuários Amazônicos, Universidade Federal do Pará, CEP, Belém-Pará, Brasil

mauricio_willians@hotmail.com

(Recebido em 01 de julho de 2014; aceito em 28 de novembro de 2014)

Os estuários são ambientes de transição situados entre o continente e mar aberto, com dinâmica influenciada pelas forçantes fluviais, ondas e marés atuando diretamente na estrutura morfológica e sedimentar desses ambientes. Nesse sentido, o presente estudo objetivou analisar temporalmente a composição e variação granulométrica dos sedimentos superficiais do Furo da Laura, município de Vigia-PA, classificando sua hidrodinâmica quanto ao grau de energia baseado nas classes de textura. Foram coletadas amostras de sedimentos em quatro pontos fixos do Furo da Laura, nas marés de quadratura, realizadas bimestralmente e totalizando um ano (Setembro e Novembro de 2011, Janeiro, Março, Maio e Julho de 2012). A composição granulométrica foi determinada pelo método a laser no equipamento shimadzu, modelo SALD-2201, no Laboratório de Oceanografia Química da Universidade Federal do Pará. Os valores obtidos das frações granulométricas foram importados para o Software SYSGRAN® para indicação qualitativa da hidrodinâmica atuante no processo de sedimentação com base no diagrama de Pejrup. No mesmo Software foi realizado a classificações das classes texturais, baseado no diagrama de Shepard. Os resultados demonstraram que a granulometria das amostras de sedimentos superficiais do Furo da Laura é composta predominantemente pelas frações de areia, principalmente areia fina. A hidrodinâmica da área de estudo é classificada como alta a muito alta, com atributos granulométricos do tipo areia siltica. O estuário do Furo da Laura revelou ser um ambiente dinâmico pela ação hidrodinâmica com influência direta na composição dos sedimentos.

Palavras-chave: Sedimentos, Furo da Laura, Vigia.

Classification of hydrodynamics by particle size analysis of an Amazon estuary, Pará, Brazil.

The situated estuaries are surrounding of transition between the continent and opened sea , with dynamics influenced for the fluvial forçantes, waves and tides acting directly it morphologic structure and sedimentary of these environments. In this sense, the present study aimed to analyze the composition and temporal variation of the particle size of the sediments of Furo Laura, Vigia-PA, its hydrodynamic sorting the degree of energy based on texture classes. Sediment samples were collected at four fixed points Hole Laura, at neap tides, held every two months and one year totaling (September and November 2011, January, March, May and July 2012). The particle size distribution of sediment samples were determined by laser equipment shimadzu, model SALD-2201, Laboratory of Chemical Oceanography, Federal University of Pará. The values of the size fractions were imported into SYSGRAN ® Software for qualitative indication of the hydrodynamic in active sedimentation process based on the diagram Pejrup. Software was conducted in the same classification of the texture classes based on Shepard diagram. The results showed that the particle sizes of samples of sediments Furo Laura is composed predominantly by sand fractions, particularly fine sand. he hydrodynamics of the study area is classified as high to very high, with the texture attributes siltica type sand. The estuary Furo Laura proved to be a dynamic environment by hydrodynamic action with direct influence on the composition of the sediments.

Keywords: Sediments, Furo da Laura, Vigia.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente estuarino é considerado um ambiente de transição bastante dinâmico resultante da influência dos efeitos das marés, rios, fatores climáticos e antrópicos, que, sozinhos ou associados, são os grandes responsáveis por moldarem o tipo, a forma e composição dos sedimentos nesses ambientes.

A Zona Costeira Amazônica (ZCA), que abrange os estados do Pará, Amapá e Maranhão, se medida em linha reta, possui 2.250 km de extensão. A porção oriental é extremamente irregular, abrigando pouco mais que duas dezenas de estuários, influenciados por macromarés, com extensas planícies de maré arenosas e lamosas, entre outras feições costeiras típicas de latitudes tropicais úmidas¹.

Os estuários são ambientes sedimentares costeiros cuja evolução depende da interação entre parâmetros geomorfológicos, sedimentares e hidrodinâmicos, sendo a atividade biológica uma condicionante fundamental na manutenção do sistema. Na história geológica recente, os estuários se destacam entre os principais ambientes deposicionais costeiros, devido às diferentes formas de interação dos fluxos de energia gerados pelas ondas, marés e descarga fluvial².

Em termos gerais, os sedimentos são depósitos de material sólido inconsolidados, constituídos, sobretudo, por partículas minerais e restos orgânicos. A origem destes depósitos pode estar associada à erosão de rochas preexistentes distantes do ambiente de deposição, à erosão costeira ao longo do litoral ou através da calcificação de sais minerais dissolvidos na água³.

A descarga fluvial, somada à ação das marés e correntes, assume um papel gerador de turbulência nos sedimentos. A partir da ação conjunta desses fatores, existe apenas um pequeno período de tempo entre a subida e a descida da maré (nível máximo ou mínimo) cuja turbulência é mínima; nesse intervalo de tempo, os sedimentos mais pesados têm a possibilidade de se depositarem no leito do estuário, contudo, à medida que a corrente volta a aumentar, as partículas elevam-se para a coluna d' água promovendo a circulação das partículas nas porções mais profundas do estuário. Desta forma, uma parte dos sedimentos nunca chega a alcançar o mar e acumula-se na entrada dos estuários devido as correntes costeiras e estuarinas deslocarem-se em sentidos contrários⁴.

O balanço sedimentar tem sido afetado e alterado pela atividade humana ao redor dos estuários, principalmente por ações que provocam o aumento da erosão e pela alteração dos padrões naturais do fluxo da água^{5,6}. Outro fator relevante atuante na zona costeira amazônica é a sazonalidade e sua influência nos processos sedimentares da região, por serem mapeáveis, também, em escala de tempo de curto e médio período, denotam, mais uma vez, a magnitude da energia local⁷.

Nesse sentido, estudos que visam identificar a morfologia e a distribuição sedimentar dos estuários são importantes para verificar possíveis zonas de acúmulo de poluentes e sedimentos, além de contribuir para o conhecimento dos sistemas estuarinos e do seu comportamento quanto à distribuição das características sedimentares e físicas⁸, o que possibilita a obtenção de informações históricas do ambiente e a que tipo de impactos estes ambientes tem sido submetidos⁹.

Portanto, informações a cerca da composição granulométrica dos sedimentos são fundamentais para compreensão de processos morfosedimentares nos sistemas estuarinos, como é o caso do Furo da Laura. Nesse tocante, existe uma necessidade cada vez maior em compreender, em diversas escalas, a influência dos processos relacionados à sedimentação no ambiente aquático, como é o caso da sazonalidade.

Desta forma, a investigação no espaço tempo a cerca das alterações na composição granulométrica dos sedimentos estuarinos são o ponto de partida para identificação de alterações ocorridas nesses ambientes e de suas prováveis origens. Diante disso, o objetivo principal deste estudo foi analisar temporalmente a composição e variação granulométrica dos sedimentos superficiais do Furo da Laura, município de Vigia-PA, classificando sua hidrodinâmica quanto ao grau de energia.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Furo da Laura é o principal acidente hidrográfico do município de Vigia, está situado na microrregião do Salgado, nordeste do Pará. O município é considerado um dos mais antigos do estado do Pará, configurado por inúmeras microbacias na parte leste (Vigia) e oeste (Colares), com regime de macromarés do tipo semidiurna, sobre efeito diário da hidrodinâmica da Baía do Marajó.

Esse estuário possui grande extensão de comprimento (aproximadamente 45 km), banhando as localidades de Porto Salvo, São Raimundo de Borralhos e ao sul do município de Colares. Possui fluxo diário de embarcações artesanais e industriais e uma urbanização acentuada na sua margem direita, despejando diariamente os mais variados resíduos domésticos na rede de esgoto, que posteriormente são levados para esse ambiente sem qualquer tratamento prévio.

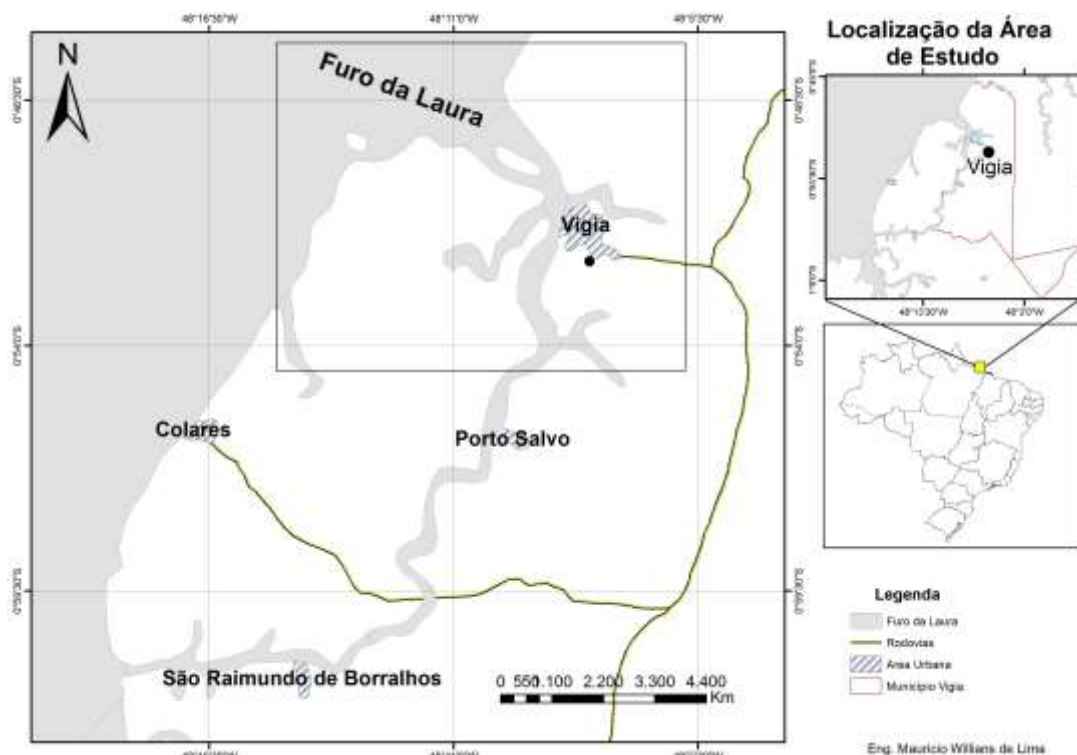


Figura 1: Mapa de localização do Furo da Laura e município de Vigia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e Análise das Amostras

Foram feitas coletas de sedimentos em quatro pontos fixos do Furo da Laura (Figura 2), nas marés de quadratura, realizadas bimestralmente e totalizando um ano (Setembro e Novembro de 2011, Janeiro, Março, Maio e Julho de 2012). Foram amostrados os seguintes pontos: na região mais interna do estuário (ponto P1), com coordenadas $00^{\circ}54'30,1''$ S e $048^{\circ}09'53,3''$ W; a jusante do município de Vigia (ponto P2), $00^{\circ}52'51,4''$ S e $048^{\circ}09'28,3''$ W; em frente ao município de Vigia (ponto P3), $00^{\circ}50'58,5''$ S e $048^{\circ}08'44,7''$ W; na região mais externa do estuário (ponto P4), $00^{\circ}49'07,7''$ S e $048^{\circ}10'09,2''$ W. Em cada mês foram amostrados aproximadamente 500g de sedimento em cada ponto, mediante o uso de um amostrador do tipo Ekman-Birge.

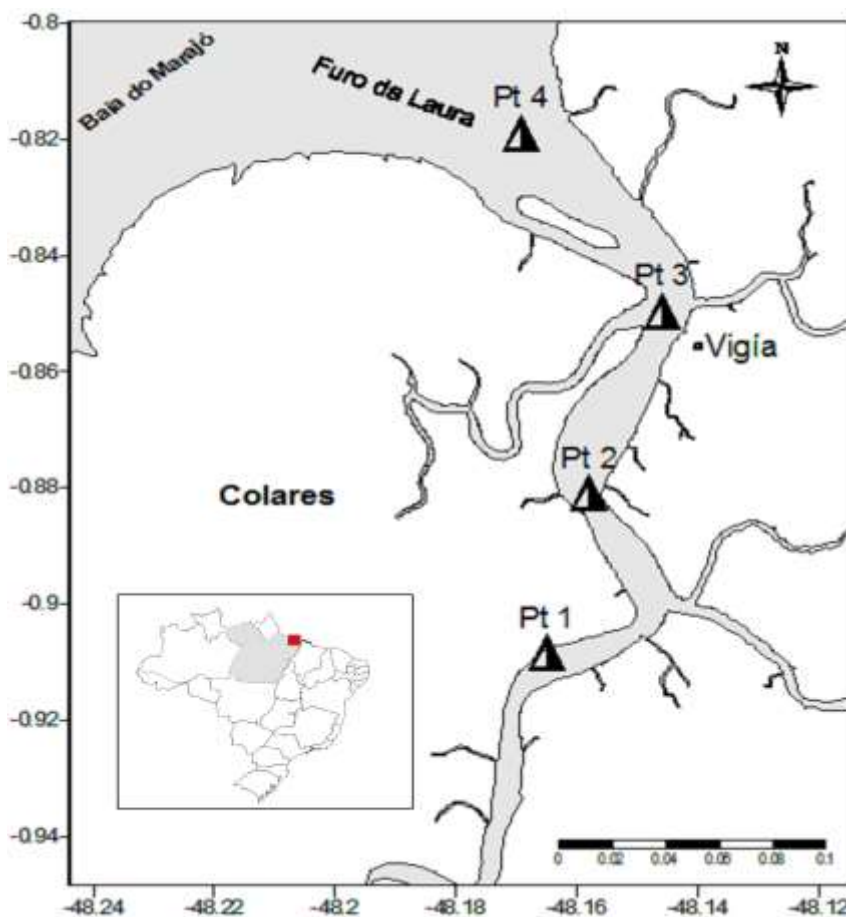


Figura 2: Mapa de localização dos pontos de amostragem no Furo da Laura.

A análise granulométrica das amostras de sedimentos foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Química da Universidade Federal do Pará, baseado no método de Silva e colaboradores (2011) para granulometria a laser. Em laboratório, foram retiradas sub-amostras de 0,20 g e adicionados 1 mL de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) para remoção de resíduos orgânicos (carbonáticos) por 24 horas e feito o descarte do material sobrenadante, após a centrifugação no equipamento QUIMIS. Concluída a etapa de pré-tratamento descrito anteriormente, a sub-amostra foi aferida com água deionizada, sendo retirada 1 mL e submetida a análise a laser no equipamento shimadzu, modelo SALD-2201 para determinação das frações.

A partir dos resultados da granulometria a laser, os valores foram exportados para o Software SYSGRAN®¹¹ para a representação gráfica da classificação hidrodinâmica com base no diagrama de Pejrup¹², os quais podem ser utilizados como indicadores qualitativos da hidrodinâmica atuante no processo de sedimentação. Também foram realizadas neste software representações do diagrama de Shepard¹³, que permite a distinção entre diferentes tipos de sedimentos através de classificações baseadas nas classes texturais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos sedimentos superficiais do estuário Furo da Laura ocorreram pequenas variações em relação às frações granulométricas nos pontos de amostragem, podendo ser observada uma tendência inversamente proporcional entre as frações areia e silte+argila. A proporção das frações de areia, silte e argila dos sedimentos superficiais são mostradas na tabela 1. A média para todo período investigado foi de 71,04 % para areia, 25,62 % silte e 3,32 % argila.

Tabela 1: Frações de Areia (μm), Silte (μm) e Argila (μm) encontrados nas amostras de sedimentos do Furo da Laura entre setembro de 2011 a julho de 2012.

Meses	Pontos	Areia				Silte				Argila			
		Grosseira	Média	Fina	Muito fina	Grossoiro	Médio	Fino	Muito fino	Grosseira	Média	Fina	Muito fina
Set/11	P1	0,16	10,39	31,61	25,21	12,27	7,76	5,22	3,21	1,80	0,48	1,81	0,09
	P2	0,32	14,97	30,69	18,86	11,54	8,07	5,97	3,85	2,19	0,72	2,74	0,08
	P3	0,03	9,46	30,57	24,83	13,12	8,95	6,09	3,93	2,29	0,64	0,08	0,00
	P4	0,43	12,83	29,16	24,49	13,16	8,85	5,53	3,34	1,70	0,48	0,03	0,00
Nov/11	P1	1,13	11,20	27,04	25,94	14,76	8,41	5,66	3,36	1,79	0,68	0,02	0,00
	P2	0,21	10,12	27,07	23,85	16,15	10,52	6,77	3,38	1,50	0,43	0,00	0,00
	P3	0,86	19,99	27,73	21,13	12,40	7,56	4,39	2,39	1,11	0,41	1,75	0,27
	P4	0,77	16,90	33,59	24,88	11,60	6,54	3,67	1,57	0,46	0,02	0,00	0,00
Jan/12	P1	0,30	15,17	26,54	21,08	13,53	9,44	6,33	3,54	1,96	1,52	0,60	0,00
	P2	0,57	14,22	30,40	24,58	11,90	7,32	4,25	2,21	1,24	1,39	1,93	0,00
	P3	0,56	16,50	31,39	21,34	12,00	8,57	5,02	2,83	1,41	0,37	0,01	0,00
	P4	0,89	15,85	29,69	19,57	13,12	8,02	5,10	2,71	1,35	1,03	2,62	0,04
Mar/12	P1	1,40	26,38	33,43	19,80	8,47	5,31	2,95	1,51	0,49	0,23	0,04	0,00
	P2	0,85	21,26	39,65	24,65	8,15	3,31	1,53	0,49	0,10	0,00	0,00	0,00
	P3	0,72	29,77	47,90	15,95	4,11	1,13	0,23	0,07	0,11	0,00	0,00	0,00
	P4	1,26	26,36	38,79	20,83	8,17	3,42	0,78	0,05	0,12	0,21	0,00	0,00
Mai/12	P1	1,58	15,93	26,91	19,63	11,99	8,33	5,83	3,66	1,94	1,08	3,05	0,07
	P2	0,33	12,12	33,73	27,96	11,58	6,84	3,99	2,09	0,88	0,44	0,03	0,00
	P3	0,21	12,54	30,05	23,58	13,69	8,59	5,43	3,32	1,95	0,62	0,02	0,00
	P4	1,75	16,83	28,21	19,43	10,68	6,71	3,62	1,81	1,16	1,17	8,36	0,26
Jul/12	P1	1,25	24,13	33,10	18,65	8,60	4,96	2,55	1,27	0,58	0,25	3,61	1,06
	P2	0,39	13,64	33,54	19,46	12,16	7,58	4,97	2,66	1,31	0,92	3,29	0,08
	P3	0,15	13,40	32,15	20,07	11,11	9,35	6,42	3,85	1,75	0,53	1,16	0,07
	P4	0,05	10,84	35,67	23,74	11,30	7,43	4,51	2,57	1,31	0,36	1,86	0,37

A distribuição temporal das frações granulométricas nos sedimentos superficiais foi representativa durante o período estudado, com predomínio de areia em todas as amostras. Em relação às frações granulométricas obtidas com as análises nos pontos amostrados, pode ser constatado que, de setembro a novembro ocorreu um aumento na fração média de areia (66 % - 68,18 %) e diminuição de silte (30,21 - 29,80 %) e argila (3,78-2,03 %). No mês de janeiro ocorreu uma pequena diminuição na fração de areia e silte (67,15 % e 28,97 %, respectivamente) e aumento de argila (3,87 %), no entanto, no mês de setembro ocorreram as maiores variações nas frações, sendo encontrada a maior média de areia para todo período estudado (87,25 %), havendo ainda, uma diminuição de silte e argila (12,42% e 0,32%, respectivamente).

Em maio foi observado o processo inverso (67,70% areia, 27,04% silte e 5,25% argila) ao verificado em março, sendo constatada a maior média de argila durante os meses investigados. A média de areia aumentou novamente em julho (70,06 %), contudo, houve uma diminuição no silte e argila (25,31 % e 4,62 %, respectivamente).

A partir dos resultados pode-se verificar que houve uma tendência inversamente proporcional entre a fração de areia e as frações silte e argila, sendo claramente notado em todos os meses estudados.

A fração silte oscilou em menores proporções durante o período estudado, ocorrendo sua diminuição gradativamente até março de 2012, onde foram verificadas as menores percentagens desta fração. Na figura 3 são demonstradas as variações granulométricas temporais verificadas no estuário Furo da Laura nos meses investigados.

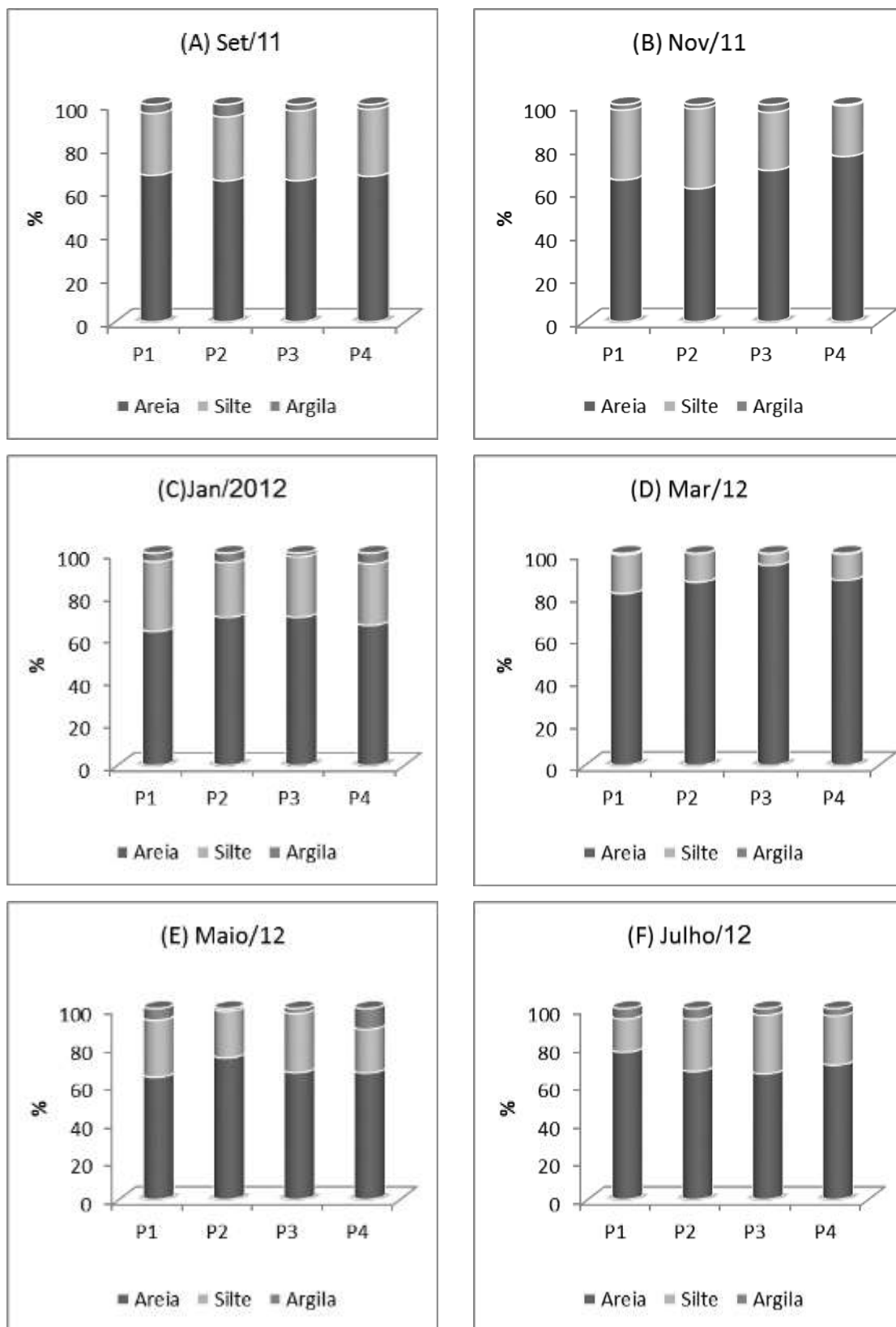


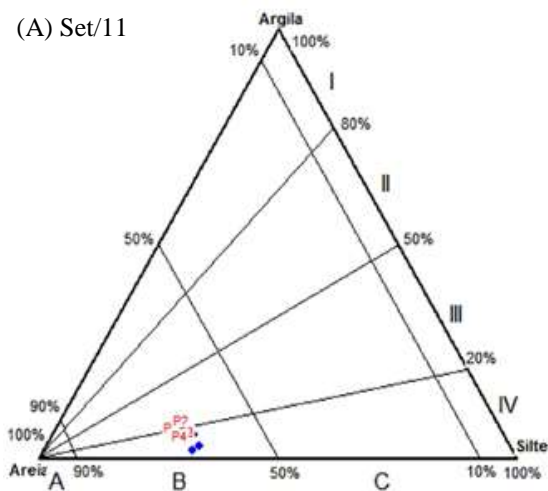
Figura 3: Granulometria nos pontos de amostragens em (a) setembro de 2011, (b) novembro de 2011, (c) janeiro de 2012, (d) março de 2012, (e) maio de 2012, (f) julho de 2012.

Em relação à distribuição espacial dos gradientes de textura, foi observado que, nos pontos P3 e P4, mais próximos a Baía do Marajó (desembocadura do furo), ocorreram os maiores valores para as frações de areia dos pontos de amostragens. Nos pontos coletados na parte mais

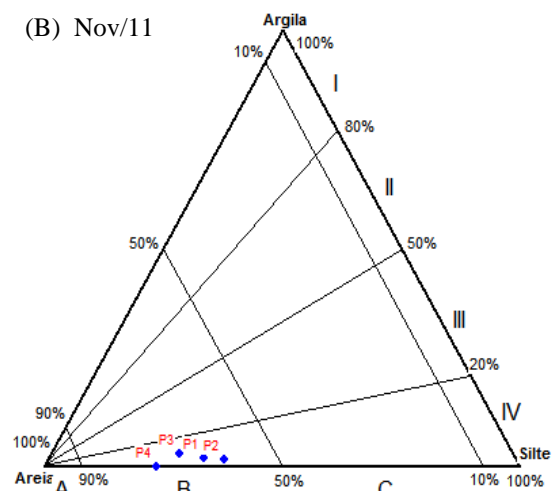
interna do estuário (P1 e P2), foi observada também à prevalência de areia, entretanto, em menores quantidades. Nesses dois pontos foram verificados os maiores valores para as frações silte e argila.

O diagrama de Pejrup¹² utiliza o teor de argila presente nos sedimentos para delimitar as áreas de seu diagrama, onde a seção I é caracterizada por ambientes com condições hidrodinâmicas muito baixas, enquanto que as seções II, III e IV caracterizam-se por ambientes com aumento gradativo da energia. A divisão do diagrama nas seções A, B, C e D é efetuada a partir do conteúdo de areia presente nos sedimentos. Sendo assim, constatou-se na divisão interna de quatro seções estabelecidas pela relação percentual entre sedimentos coesivos e não coesivos (Figura 4), que os quatro pontos verificados no presente estudo encontram-se predominantemente na seção B-IV, com exceção do ponto P3, referente à coleta de março, com classificação na seção A-IV e do ponto P4, referente à coleta de maio, com classificação na seção B-III, o que indica a presença de frações de areia superiores a 50 %. Desta forma, a área de estudo foi considerada com hidrodinâmica-alta a muito alta.

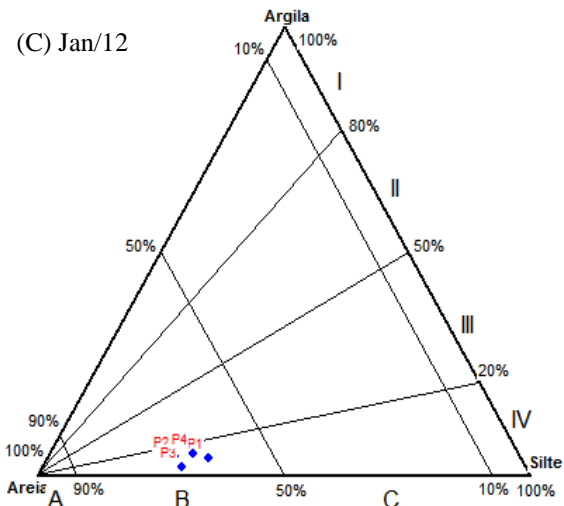
(A) Set/11



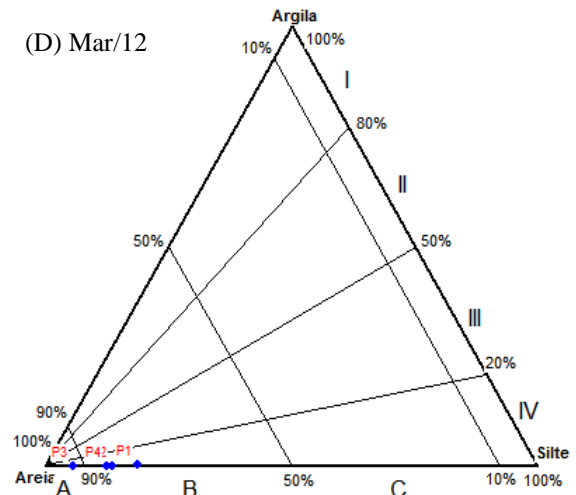
(B) Nov/11



(C) Jan/12



(D) Mar/12



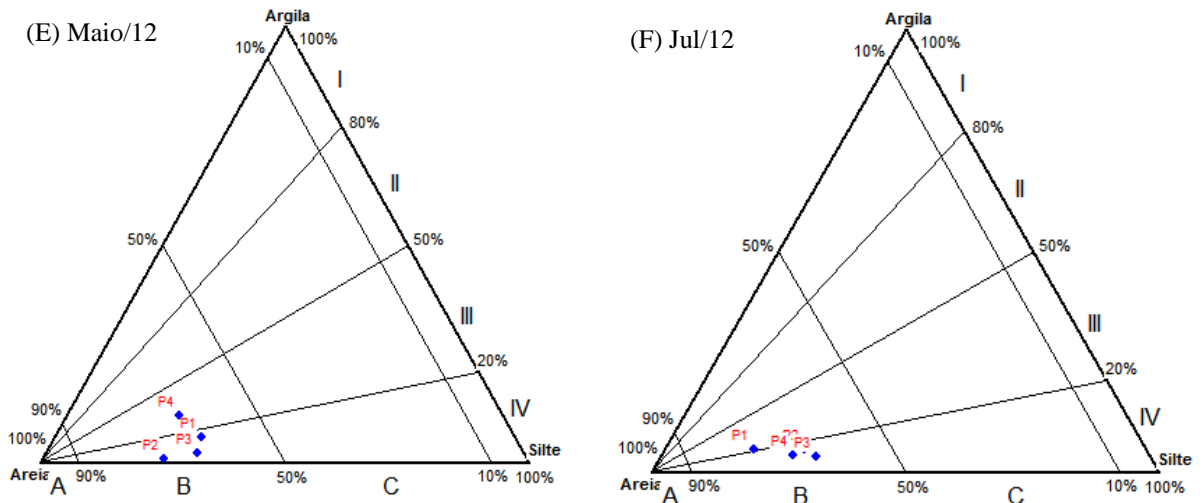
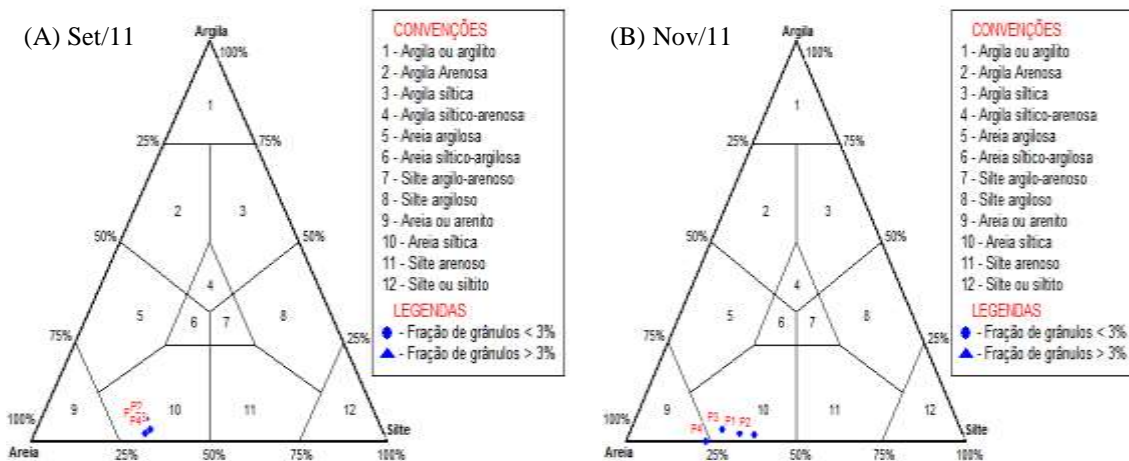


Figura 4: Aplicação do diagrama de Pejrup (1988) dos pontos de amostragens em (a) setembro de 2011, (b) novembro de 2011, (c) janeiro de 2012, (d) março de 2012, (e) maio de 2012, (f) julho de 2012, com classificação hidrodinâmica: I-hidrodinâmica baixa, II-hidrodinâmica moderada, III-hidrodinâmica alta, IV-hidrodinâmica muito alta.

Com base na classificação Shepard¹³ para atributos granulométricos representados pelos diagramas triangulares (Figura 5), as amostras analisadas são predominantemente do tipo areia síltica (50 a 75%), com exceção do mês de março, que fora classificado como areia ou arenito (> 75%), o que indica, para este mês o predomínio de amostras arenosas. Esses depósitos são originados da conexão de diversos processos fluviais ocorridos nas microbacias de drenagens que, juntamente com a força gravitacional contribui para tal processo. Os depósitos são heterogêneos, mal selecionados, constituídos na sua maior parte de areia fina a muito fina com pouca presença de sedimentos mais finos (silte+argila).



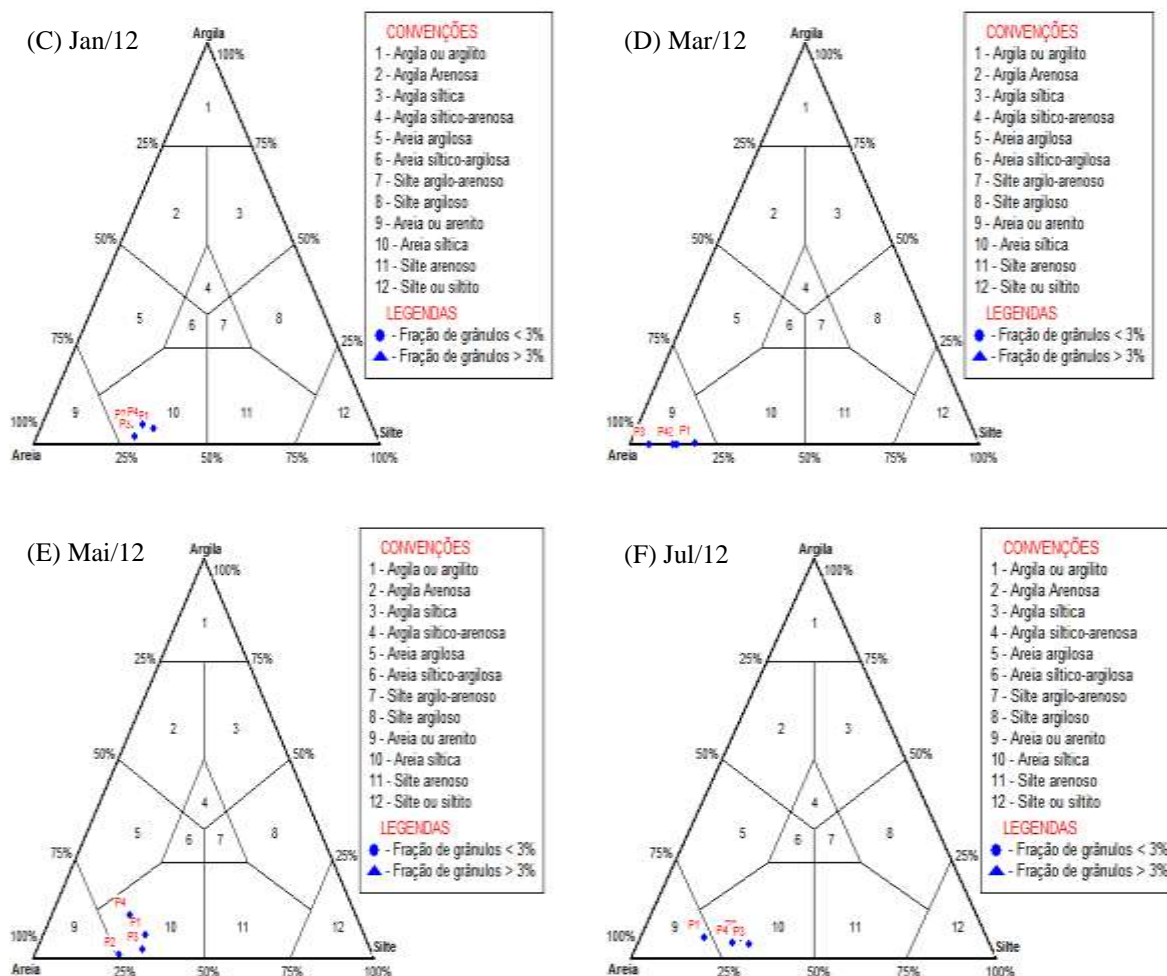


Figura 5: Diagrama de classificação Shepard (1954) de acordo com classes de textura dos pontos de amostragens em (a) setembro de 2011, (b) novembro de 2011, (c) janeiro de 2012, (d) março de 2012, (e) maio de 2012, (f) julho de 2012.

O estudo granulométrico mostra também relação entre a proximidade das florestas de terra firme e o aumento do teor de areia¹⁴. Estudos mais recentes descrevem que a região mais interna do estuário de Vigia é caracterizada por possuir ambientes florestados sujeitos às oscilações de salinidade e exposição maior às correntes, levando a uma maior variação do tipo de substrato¹⁵.

Em um estudo sobre solo, cobertura vegetal e usos da terra, as amostras de sedimentos coletados a 6,2 km de Colares, em direção ao Furo da Laura-Balsa (próximo a área de estudo), foi constatada a prevalência da fração de areia, com as proporções de 62 % para areia, 32 % silte e 6 % para argila¹⁶, o que demonstra que pode haver uma contribuição continental para a área estudada.

Na Baía do Marajó prevalece o regime hidrodinâmico de alta energia¹⁷, com dominância da fração de areia¹⁸ devido à presença morfológica de bancos e barras arenosas¹⁹.

A granulometria dos sedimentos superficiais do Furo da Lura demonstra que esse estuário caracteriza-se como altamente energético, com predominância da fração de areia, admitindo ter sido depositado em condições de hidrodinâmica forte. Essa prevalência pode ser reflexo de processos hidrodinâmicos (velocidade e a intensidade das correntes de maré) que ocorrem tanto na Baía do Marajó como no Furo da Laura, visto que, a área estudada também sofre influência dos efeitos da maré. Nos ambientes aquáticos, fatores físicos como intensidade e velocidade das correntes, juntamente com a profundidade da coluna d'água, são determinantes para a composição granulométrica do sedimento²⁰.

Portanto, possíveis processos erosivos no solo e nas microbacias do Furo da Laura, tanto na margem direita (Vigia) como na margem esquerda (Colares) também podem influenciar na composição granulométrica da região mais interna, enquanto que, a região mais externa, pode indicar influência de processos dinâmicos como erosão, transporte e deposição pela Baía do Marajó.

5. CONCLUSÃO

O estuário do Furo da Laura revelou ser um ambiente dinâmico pela ação hidrodinâmica com influência direta na composição dos sedimentos. Na área de estudo, a granulometria é predominantemente arenosa fina, com classes de grãos de areia siltica, com hidrodinâmica alta a muito alta, classificando-se como um ambiente extremamente energético.

A composição granulométrica da área estudada foi atribuída à influência direta de processos dinâmicos como erosão, transporte e deposição originados da Baía do Marajó e nas áreas marginais de Colares, Vigia e no próprio Furo da Laura, criando feições morfológicas e estruturas peculiares na área estudada.

Desta forma, o entendimento dos mecanismos sedimentológicos constituem uma importante ferramenta para a compreensão da geodinâmica do Furo da Laura, com presente estudo sendo o ponto de partida para novas investigações, tais como, a origem dos sedimentos e morfologia de fundo.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Química Ambiental, Laboratório de Ecologia Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Laboratório de Oceanografia Química da Universidade Federal do Pará pelo apoio na logística e suporte nas análises das amostras.

-
1. Souza-Filho PWM. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Brazilian Journal of Geophysics*, 2005; 23(4): 427-435.
 2. Miranda LB, Castro BM, Kjerfve B. *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. São Paulo: Editor da Universidade de São Paulo, 2002, 424p.
 3. Suguio K. *Introdução a Sedimentologia*. Edgar Blunhen, São Paulo: EDUSP, 1973, 371p.
 4. Tomczak M. (2000). *Sediment Transport in estuaries*. Disponível em: <http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/ShelfCoast/chapter17.html>. Acessado em 21 de janeiro de 2014.
 5. Bell R, Green M, Hume T, Gorman R. What Regulates Sedimentation in Estuaries. *Water & Atmosphere*, 2000, 8(4):13-16.
 6. Nicholls P. Sediment dumps in estuaries: filling in the gaps with a risk map. *Water & Atmosphere*, 2002; 8(4):13-16.
 7. Gregório AMS, Mendes AC. Batimetria e sedimentologia da Baía de Guajará, Belém, estado do Pará, Brasil. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 2009; 5(9):53-72.
 8. Veronez-Junior P, Bastos AC, Quaresma V S. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. *Revista Brasileira de Geofísica*, 2009; 27(4): 609-624.
 9. Antunes M. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e do teor de metais em amostras de sedimento de uma microbacia gaúcha. *Geochimica Brasiliensis*, 2008; 22(3):178-188.
 10. Coelho HNMA. *Geografia Geral, 2º ed. Revisão Ampliada*. Org. Monteiro, E. F.; Medda, J. R.; Sanches OD, Sopran O, Moura S, Castello W. Editora Moderna Ltda: São Paulo, Brasil, 1988. p.269.
 11. Camargo MG. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 2006; 36(2): 371-378.
 12. Pejrup M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments a new approach. In: Boer PL, van Gelder A, Nio SD. (ed.). *Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies*. D. Reidel: Dordrecht. 1988, 289-300p.

-
13. Shepard FP. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios: *Journal of Sediment Petrology*, 1954; 24(3):151-158.
 14. Amorim MA, Moreira-turcq PF, Turcq BJ, Cordeiro RC. Origem e dinâmica da deposição dos sedimentos superficiais na Várzea do Lago Grande de Curuai, Pará, Brasil. *Acta Amazônica*, 2009; 39(1):165-172.
 15. Barros DF, Torres MF, Frédou FL. Ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia (Pará, Estuário Amazônico). *Biota Neotropica*, 2011; 11(2): 367-373.
 16. Silva JML, Gama JRNF, Valente MA, Rêgo RA, Rodrigues TE, Santos PL, Cardoso Junior EQ, Silva PRO. Levantamento de solos de alta intensidade e mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra do município de Colares- Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 50p.
 17. Corrêa ICS. Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA. *Pesquisas em Geociências*, 2005; 32(2): 109-118.
 18. Martins SEM, Mendes AC. Caracterização de depósitos sedimentares recentes da porção superior da Baía de Marajó (margem leste do estuário do Rio Pará, Amazônia). *Pesquisas em Geociências*, 2011; 38(2):168-180.
 19. França CF, Souza filho PWM. Compartimentação morfológica da margem leste da Ilha de Marajó: Zona Costeira dos municípios de Soure e salva terra-Estado do Pará. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2006; 7(1):33-43.
 20. Martins RF. Avaliação da presença de metais e de biomarcadores fecais em Sedimentos do rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba-PR. Curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, 2008. 84p.